

11 100 29 363 2



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 41 19 303 A 1**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**A 62 D 3/00**  
B 09 B 5/00  
C 08 J 11/08  
C 08 L 27/06  
B 03 B 1/04  
B 29 B 17/02

21 Aktenzeichen: P 41 19 303.2  
22 Anmeldetag: 12. 6. 91  
43 Offenlegungstag: 12. 12. 91

DE 41 19 303 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:

Germerdonk, Rolf, Prof. Dr.-Ing., 6750  
Kaiserslautern, DE; Erpelding, Richard, 6700  
Kaiserslautern, DE

72 Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Zerlegen von stückigen Abfallgemischen, die Metallteile, lösliche Polymere, insbes. aus (Chlor-)Kohlenwasserstoffen, Weichmachern sowie Farb- und Zuschlagstoffe enthalten, in zwei bzw. drei recyclingfähige Komponenten und in einen Chlorkohlenwasserstoff-freien, problemloser zu entsorgenden Restabfall

57 Bei den bisher angewendeten Verfahren zum Aufarbeiten von stückigen Abfällen, die (Schwer-)Metallteile, (thermo-)plastische bzw. lösliche Polymere sowie anorganische/organische Farb- und Zuschlagsstoffe aus der Konditionierung des Polymers enthalten, wird entweder nur das Metall mechanisch weitgehend abgetrennt, oder es wird in einem Aufschmelzprozeß eine nicht-metallische, jedoch minderwertige Recycling-Phase von den Metallen abgetrennt, weil diese dann neben den Polymeren und Weichmachern auch alle Farb- und Zuschlagsstoffe enthält.

Es wurde gefunden, daß solche Abfälle in einem mehrstufigen Extraktions- und Fällprozeß zerlegt werden können in zwei bzw. drei höherwertige Recyclingphasen: reine Metalle, eine weitgehend farb- und zuschlagsstofffreie Polymerphase, ggf. in eine farbarme Weichmacherphase, sowie in einen insbesondere chlorkohlenwasserstofffreien Restabfall, der problemloser zu entsorgen ist als der ursprüngliche Abfall. Dazu wird in einem gerührten Lösebehälter zunächst die gesamte nicht-metallische Phase in einem bevorzugt mit Wasser mischbaren Lösemittel, z. B. Tetrahydrofuran, unter kräftiger mechanischer Durchmischung und bei erhöhter Temperatur gelöst/dispersiert. Nach mechanischer Abtrennung der dispersierten Partikeln (d. h. insbesondere der dunklen Farbpigmente), z. B. durch Filtern/Zentrifugieren/Ultrafiltration und ggf. Nachadsorption der gelösten Farb- und Zuschlagsstoffe, z. B. mit Aktivkohle, werden die gelösten

Polymere gefällt, entweder mit ...

DE 41 19 303 A 1

## Beschreibung

Bei vielen Produktionen und Aufbereitungsverfahren sowie beim Sammeln von Rückständen fallen u. a. Abfallarten an, die aus mechanischen Verbindungen von stückigen Metallteilen, Polymeren, Farbpigmenten und meist weiteren anorganischen und organischen Zuschlagstoffen wie Füllstoffe, Weichmacher usw., bestehen. Häufig sind die Metalle umweltgefährdende Schwermetalle wie z. B. bei Kupferkabelschrott. Ohne weitere Aufarbeitung müßten daher solche Abfälle als Sondermüll entsorgt werden, was hohe Entsorgungskosten bedeuten würde und zusätzlich den Verzicht auf die in einem solchen Abfall noch enthaltenen, an sich recyclingfähigen Komponenten, wie z. B. die Schwermetalle, die Polymere und ggf. auch die Weichmacher.

Es wurden daher verschiedene Verfahren vorgeschlagen, zum einen, um unabhängig von der Art der nichtmetallischen Anteile nur die Hauptmenge der (Schwer)-Metalle aus dem Abfall abzutrennen, z. B. durch Zerkleinern/Schreddern der Abfälle in so kleine Teilchen, daß die ganz oder überwiegend aus Metall bestehenden und damit spezifisch schwereren Partikeln mechanisch von den kein oder wenig Metall enthaltenen Partikeln abgetrennt werden können, z. B. durch Siebung.

Zum anderen, und zwar für den Fall, daß die nichtmetallischen Bestandteile des Abfalls zu einem ausreichend großen Anteil aufschmelzbar sind, weil sie z. B. Thermoplaste enthalten, wurden Verfahren entwickelt, die Metalle und die aufgeschmolzenen bzw. nur bis zur Erweichung erwärmten Anteile des Schrotts mechanisch zu trennen, wobei dieser Trennvorgang oft erst nach einer Zerkleinerung/Schredderung des Schrotts möglich ist. Damit kann der Schrott zerlegt werden in einen Anteil, der viel Metall und nur noch wenig vom Polymer/Zuschlagstoffgemisch enthält und in einen Anteil, der die Hauptmenge der Thermoplaste und der Zuschlagstoffe sowie kaum noch Metallreste enthält.

Bevor der metallhaltige Anteil eines nach derartigen Verfahren aufgearbeiteten Schrotts als Recycling-Rohstoff weiterverarbeitet werden kann, müssen die noch anhaftenden Nichtmetalle entfernt werden, z. B. durch thermisches Zersetzen der organischen Anteile und anschließendes mechanisches Entfernen der anorganischen Stoffe.

Das vom Metall abgetrennte, aufgeschmolzene bzw. plastifizierte Gemisch, überwiegend bestehend aus Thermoplasten, Weichmachern, Farbpigmenten, anorganischen Zuschlagstoffen, wie z. B. Gesteinsmehl, kann entweder direkt als Recycling-Rohstoff für minderwertige Produkte wie z. B. Straßenpfosten, Bodenplatten, Uferbefestigungen, eingesetzt werden oder nur in sehr begrenzten Anteilen als Zuschlagstoff/Beimengung bei der Produktion hochwertigerer Plastikerzeugnisse. Hier stört insbesondere die Mischung aus den verschiedenen Farbpigmenten der ursprünglichen Produkte, aus denen der Mischschrott entstanden ist, was im Regelfall zu einem kräftig dunkelbraun/schwarzen Farbton des durch solche Aufschmelzverfahren gewonnenen Recyclingmaterials führt.

Es besteht daher ökonomisch und ökologisches Interesse an einem Verfahren zum Trennen von Abfällen, die aus einem stückigen Gemisch aus (Schwer)-Metallteilen, löslichen (chlorkohlenwasserstoff-haltigen) Polymeren, Weichmachern sowie organischen und anorganischen Farb- und Zuschlagstoffen bestehen, in

— eine Fraktion, die nur die Metalle enthält ohne noch anhaftende Reste von organischem Material oder von anorganischen Füllstoffen, sowie je nach Art und Mengenanteil der Weichmacher sowie ggf. auch der löslichen Farb- und Hilfsstoffe entweder in

— zwei weitere Fraktionen, von denen die eine — die (löslichen) Polymere, insbesondere solche aus chlorierten Kohlenwasserstoffen sowie ggf. auch die Weichmacher in möglichst hoher Reinheit enthält, insbesondere mit keinem Anteil von Farbpigmenten oder anorganischen Zuschlagstoffen sowie möglichst geringen Anteilen von nicht-pigmentförmigen, d. h. homogen verteilten Farbstoffen, und die andere

— die Farbpigmente, anorganische Zuschlagstoffe sowie ggf. auch die Weichmacher sowie die nicht polymeren organischen Bestandteile des Abfalls enthält, jedoch keine (Schwer)-Metalle und insbesondere keine Chlorkohlenwasserstoffe, und die daher problemloser zu entsorgen ist als das Ausgangsmaterial.

— oder in drei weiteren Fraktionen, von denen die eine

— nur die möglichst Farb-, Weichmacher- und Zuschlagstoff-freien Polymeren enthält, die zweite

— die möglichst farbbarme Weichmacherphase enthält und die dritte

— nur die Farbpigmente, die anorganischen und organischen, insbesondere chlorkohlenwasserstofffreien, Nicht-Polymeren enthält, und die damit ebenfalls problemloser zu entsorgen ist.

Durch ein solches Aufbereitungsverfahren werden die (Schwer)-Metalle direkt als recyclingfähiger, hochwertiger Einsatzstoff für die bekannten hüttentechnischen/elektrolytischen Verfahren zur Weiterverarbeitung sowie die löslichen (thermoplastischen) Polymere und ggf. auch die Weichmacher als im Vergleich zu den erwähnten, bekannten Aufschmelzverfahren als sehr viel besser recyclingfähige Rohstoffe für die Herstellung auch von hochwertigeren Plastikprodukten gewonnen. Der verbleibende Abfallrest enthält keine recyclingfähigen Materialien mehr und ist (schwer-)metallfrei, und er enthält auch keine, ggf. chlorierten Polymere, z. B. Polyvinylchlorid, so daß er sehr viel problemloser entsorgt werden kann, z. B. in einer Verbrennungsanlage, ohne Gefahr einer Synthese von mehrfach chlorierten Dioxinen/Furanen und ohne Anfall schwermetallhaltiger Aschen.

Es wurde gefunden, daß sich die damit gestellte Aufgabe erfüllen läßt, wenn der stückige Schrott aus Metallteilen, Thermoplasten, anorganischen und organischen Farb- und Füllstoffen mit Hilfe eines ggf. mehrstufigen Extraktions- und Fällverfahrens in die gewünschten, recyclingfähigen Komponenten und den problemloser zu entsorgenden Rückstand zerlegt wird.

Dazu muß der Abfall, falls erforderlich, zuvor durch eine Wasserwäsche, ggf. unter Zusatz geeigneter Detergentien, mit anschließender Trocknung von evtl. anhaftenden Schmutz- und/oder Öl-/Fett- sowie auch weitgehend von allen Feuchtigkeitsresten befreit werden.

Bei länglichen, gefalteten oder ineinander verschlungenen Abfallteilen ist es ferner vorteilhaft, daß der Abfall vorher soweit zerkleinert wird, daß die Einzelteile

sich nicht mehr mechanisch zu größeren Agglomeraten verhaken/verfestigen können, d. h. daß z. B. die Länge von zylindrischen Abfallteilen wie Elektro-Kabelschrott im Mittel  $< 20 - 30$  des Durchmessers ist.

Es zeigte sich, daß es gelingt, aus diesem so vorbehandelten Schrott nicht nur die löslichen (Chlorkohlenwasserstoff-haltigen) Polymere mit Hilfe geeigneter Lösemittel herauszulösen, sondern daß es durch intensives mechanisches Vermischen und Gegeneinanderverschieben der stückigen Abfallteile während des Lösevorgangs z. B. mit Hilfe von durch das Gemisch streichenden Rührschaufeln außerdem auch gelingt, alle organischen und anorganischen Farb- und Zuschlagstoffe, die üblicherweise in einem solchen Schrott nach einer ausreichenden Vorreinigung noch vorhanden sind, in dem homogenen Lösemittel-Polymergemisch entweder ebenfalls zu lösen oder so fein zu dispergieren, daß man reine Metallteile ohne fester anhaftende Reste erhält.

Dieser Löse-/Dispergiervorgang läßt sich neben dem mechanischen Entfernen bereits nur angelöster bzw. weichgewordener, nichtmetallischer Bestandteile durch das oben erwähnte Vermischen weiter erheblich dadurch beschleunigen, daß das Lösemittel möglichst hoch vorgewärmt (z. B. bis nahe der Siedetemperatur) zugeführt und auch der Behälter während dieses Vorgangs beheizt wird. Dabei ist zur Vermeidung von Schadstoff-Emissionen natürlich notwendig, in die Druckausgleichsleitung des Behälters einen ausreichend großen und an ein genügend kaltes Kühlmittel angeschlossenen Kondensator einzubauen, um die entstehenden Lösemitteldämpfe kondensieren und wieder in den Lösebehälter zurückgeben zu können.

Es zeigte sich ferner, daß es zur Beschleunigung des Löse- und Dispergiervorganges und insbesondere auch der folgenden mechanischen Abtrennung der in der Lösung dispergierten Partikel sowie auch bei der ggf. noch erforderlichen adsorptiven Abtrennung gelöster Farbstoffe zweckmäßig ist, mehr Lösemittel einzusetzen, als es nur zum Lösen/Dispergieren erforderlich ist. Zur Verringerung des Aufwandes bei den im folgenden beschriebenen Fäll- und Reinigungsschritten ist es dann vorteilhaft, diese überschüssige Lösemittelmenge vor dem ersten Fällprozeß wieder abzutrennen, z. B. durch eine Eindampfung.

Durch Rühren und Wärmezufuhr sowie einen entsprechenden Lösemittelüberschuß gelingt es damit, den gesamten Löse-/Dispergiervorgang z. B. für Kabelschrott in  $< 30$  Minuten durchzuführen, so daß damit auch eine wirtschaftlich interessante Taktzeit für einen chargenweise betriebenen Prozeß ermöglicht wird.

Es wurde weiterhin gefunden, daß das Gesamtverfahren besonders günstig und umweltfreundlich durchzuführen ist, wenn das Lösemittel mit Wasser vollständig mischbar oder zumindest teilweise mischbar ist, z. B. Tetrahydrofuran, weil so

- geringe Wasserreste, die ggf. noch an den vorbehandelten Schrottstücken haften, beim Löse-/Dispergiervorgang weniger stören;
- das nach dem letzten Spülvorgang an den Metallteilen anhaftende und kein Polymer oder Dispersion mehr enthaltene organische Lösemittel mit Wasser abgespült werden kann;
- auch bei den noch zu beschreibenden Filter-/Zentrifugier-Vorgängen zum Abtrennen der Dispersion, ggf. der Aktivkohle und der Polymere nach dem Spülen mit organischem Lösemittel als letzter Spülschritt dann Wasser verwendet werden

kann;

— bei dem noch zu beschreibenden Verfahrensschritt zum Abtrennen des Polymeren bzw. auch anderen gelösten Komponenten Wasser als Fällmittel verwendet werden kann;

— bei einem mehrstufigen Fällverfahren zum selektiven Fällen des Polymeren und anderer gelöster Komponenten in der letzten Stufe Wasser verwendet werden kann.

Wird bei dem Löse-/Dispergier-Schritt ausreichend viel Lösemittel zugegeben, z. B. bei der Behandlung von Kupferkabelschrott ~ die 10- bis 15fache Gewichtsmenge des im Schrott vorhandenen nicht-metallischen Gesamtanteils, dann gelingt es gerade bei der Behandlung von Schrott, der mit stark färbenden Kunststoff-Anteilen, insbesondere mit schwarzen, versetzt ist, überraschenderweise die in dem aus dem Lösebehälter ablaufenden Gemisch dispergierten, d. h. unlöslichen, organischen und anorganischen Farb- und Zuschlagstoffe vor dem weiteren Aufarbeiten der Lösung mechanisch so weitgehend abzutrennen, daß ein farbarmes Lösemittel-Polymer-Gemisch anfällt, z. B. durch Zentrifugieren, Filtern, sowie (ggf. nur als Nachstufe) auch durch Ultrafiltration mit lösemittelbeständigen Membranen und so großer Porenweite, daß die gelösten Polymere passieren können.

Die nach diesem mechanischen Trennprozeß in dem entstehenden Rückstand noch verbleibenden Reste der Lösemittel-Polymerlösung können dann analog zu den Spülvorgängen der Metallteile im Lösebehälter ggf. in mehreren Vorgängen mit Lösemittel und/oder (als letzter Spülschritt) mit Wasser entfernt werden. Damit erhält man einen Lösemittel-, Chlorkohlenwasserstoff- und (Schwer-)Metall-freien Rückstand aus den nicht-löslichen und nicht-metallischen Bestandteilen des aufgearbeiteten Schrotts, der dementsprechend einfacher und billiger zu entsorgen ist.

Es zeigte sich, daß aus der partikelfreien, d. h. homogenen Lösung von Lösemittel, Polymeren, Weichmachern und ggf. löslichen Farb- und Zuschlagstoffen die Polymere durch Fällen in analoger Weise abzutrennen sind wie bei der Abtrennung des Polymerisats bei der bekannten Herstellung von Polymerisat aus Monomeren durch Polymerisation im Lösemittel mit anschließendem Fällen und Abfiltern/Abzentrifugieren der dabei anfallenden dispergierten Polymerpartikel.

Wenn der eingesetzte Schrott genügend einheitlich ist, z. B. Elektrokabelschrott, insbesondere aus der (Neu-)Installation, und/oder die Lösemittel-Polymerlösung ausreichend farbarm ist, d. h., wenn die Löslichkeit der färbenden Bestandteile im Schrott genügend gering ist, so erhält man durch (einstufiges) Fällen z. B. nur mit Wasser ein genügend einheitliches und farbarmes Recycling-Rohprodukt aus ausgefallten Polymeren, Weichmachern und ggf. anderen löslichen Zuschlagstoffen, das dann nach dem Entfernen der Reste des Lösemittels und des Wassers aus den gefällten und abgetrennten Partikeln analog der zuvor beschriebenen Spül- und Trockenschritte auch für die Produktion höherwertiger Kunststoffe verwendet werden kann.

Wenn das durch Fällen nur mit Wasser und entsprechender Nachwäsche gewonnene Gemisch aus Polymerisat, Weichmachern, löslichen Farben und sonstiger Zuschlagstoffe noch nicht einheitlich genug oder zu stark gefärbt ist, um es als hochwertiges Recyclingmaterial verwenden zu können, so muß die Qualität des Recycling-Polymeren verbessert werden. Es wurde gefunden,

daß hierfür zwei Verfahrensstufen geeignet sind, die je nach Forderung einzeln oder beide angewendet werden können: Mehrstufiges, selektives Fällern und adsorptives Entfernen der gelösten Farbstoffe vor dem Fällern.

Für den Fall, daß die Lösung nach dem Abtrennen der dispergierten Schrottanteile noch einen zu hohen Gehalt an Nicht-Polymeren hat, um ein höherwertiges Recycling-Polymer aus der Lösung durch einstufiges Fällern abtrennen zu können, kann ein mehrstufiges Fällern zu einem reineren Recycling-Polymeren führen. Es wurde gefunden, daß zum selektiven Fällern der Polymere Alkohole geeignet sind. Es gelingt so, durch einen ersten Fällschritt bevorzugt die Polymere als Dispersion aus der Lösung zu verdrängen und die anderen Komponenten, insbesondere die Weichmacher, in der Lösung zu halten. Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, Alkohole bzw. deren Mischungen zu verwenden, die:

- mit Wasser mischbar oder wenigstens teilweise mischbar sind und
- sich in ihrem Siedepunkt möglichst stark von dem des Lösemittels und ggf. auch vom Wasser unterscheiden, um sie in dem im Folgenden beschriebenen (mehrstufigen, ggf. auch hetero-azeotropen) Rektifizierungsprozeß möglichst energiesparend wieder aus dem Gemisch abtrennen zu können; z. B. bei Tetrahydrofuran als Lösemittel Butanol als selektives Fällmittel, wenn die Weichmacher anschließend durch Wasser gefällt werden.

Für den Fall, daß in der verbleibenden Lösung der Anteil an recyclingfähigen Weichmachern hoch und der Anteil der nicht wasserlöslichen, färbenden oder sonst störenden Bestandteile, ggf. erst nach dem weiter unten beschriebenen Adsorptionsschritt, gering genug ist, ist es zweckmäßig, diese Weichmacherphase durch Fällern mit Wasser, Abfiltern/Abzentrifugieren, Spülen und ggf. Trocknen abzutrennen.

Es zeigte sich ferner unerwarteterweise, daß sich für den Fall, daß die Partikel-freie Lösung aus Lösemittel, Polymeren, Weichmachern und ggf. anderen löslichen Komponenten noch zu viel an löslichen Farbstoffen enthält, so daß das daraus (ggf. selektiv) gefällte Polymer wegen seines Farbtons dann nicht als wertvoller Recycling-Rohstoff zu verwenden ist, diese Farbstoffkomponenten durch einen Adsorptionsschritt aus der Lösung zu entfernen sind. Als besonders geeignet hat sich dazu normale Wasserreinigungs-Aktivkohle erwiesen, die mit der Lösung analog den bekannten, diskontinuierlichen Wasserreinigungsverfahren in die Lösung eingebracht und dann nach etwa 15—30 Minuten wieder abgefiltert wird. Bei größerem Gehalt an löslichen, störenden Farbstoffen kann zur Einsparung von Aktivkohle mehrstufig mit Gegenstromführung von Lösung und Kohle gefahren werden.

Es zeigte sich ferner, daß die abgefilterte, Farbstoff-beladene Aktivkohle zusammen mit den zuerst aus dem Lösemittel-Polymergemisch abgefilterten Partikeln, z. B. den Farbpigmenten, zur Abtrennung der anhaftenden Löse- und Fällmittelreste behandelt werden kann; mit der Möglichkeit, letztere dann (destillativ) wiederzugewinnen.

Auch eine adsorptive Entfernung der gelösten Farbstoffe vor dem Abfiltern/Zentrifugieren der aus dem Schrott in die Lösung dispergierten Partikeln, die z. T. sehr viel feiner als die Aktivkohlepartikeln sind, ist möglich. Damit kann die Aktivkohle auch als Filterhilfsmittel bei der Abtrennung der feinen Suspensionsteilchen wir-

ken, und man erspart sich zugleich einen mechanischen Trennschritt; dafür wird jedoch zum Entfärben der Lösung bis auf die gleichen Restfarbwerte mehr Kohle benötigt.

Die verbleibende Lösung als Lösemittel (z. B. dem Tetrahydrofuran), ggf. organischem Fällungsmittel (z. B. Alkohol bzw. Alkoholen), ggf. der nicht recycling-würdigen Weichmacherphase und Wasser kann dann in üblicher Weise z. B. destillativ und bei Teillöslichkeit von Löse-/Fällmittel in Wasser auch heteroazeotrop weitgehend wieder so aufgetrennt werden, daß man genügend reine Komponenten für das Lösen/Dispergieren, ggf. selektive Fällern und Gesamtfällen erhält. Natürlich muß bei diesem Trennprozeß ein solcher Anteil, z. B. als Sumpfprodukt aus der letzten Kolonne, ausgeschleust und durch frische Stoffe ersetzt werden, daß es zu keiner störenden Anreicherung, z. B. von löslichen Hochsiedern, kommt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren, um aus ökonomischen und/oder ökologischen Gründen recyclingfähige Komponenten wie rückstandsfreie Metalle, farbarme, lösliche Polymere, z. B. thermoplastische (Chlor-)Kohlenwasserstoffe und ggf. eine farbarme Weichmacherphase aus stückigen Abfallgemischen abzutrennen, die Metallteile, insbesondere die wertvollen und/oder die Umwelt gefährdenden Schwermetalle, in organischen Lösemitteln lösliche organische Polymere, insbesondere thermoplastische (Chlor-)Kohlenwasserstoffe sowie Zuschlagstoffe wie anorganische Füllstoffe, Farbpigmente sowie in dem Lösemittel lösliche oder unlösliche Farbstoffe und/oder organische Beimengen, wie z. B. Weichmacher enthalten, und die daher ohne Aufarbeitung nur aufwendig zu entsorgen wären, z. B. als Sonderabfall, dadurch gekennzeichnet, daß

— ggf. nach einer Vorwäsche zum Entfernen von anhaftenden Verunreinigungen/Fetten und anschließender Trocknung sowie ggf. nach einer Zerkleinerung in einem ersten Schritt in einem Lösebehälter die löslichen organischen Polymere in einem organischen Lösemittel unter mechanischer Durchmischung des stückigen Abfalls aufgelöst und alle organischen und anorganischen Zuschlagstoffe in diesem Gemisch aus Lösemittel und Polymeren entweder ebenfalls gelöst oder suspendiert werden, so daß nur die stückigen Metallteile nicht gelöst/suspendiert werden.

— die stückigen Metallteile nach Ablassen des Lösemittel-/Polymergemisches und der darin suspendierten Teilchen aus dem Lösebehälter in einem darauffolgenden, ggf. mehrstufigen Wasch- und Trockenprozeß von Resten des Lösungsgemisches und noch anhaftenden dispergierten Teilchen soweit befreit werden, daß diese Metallteile ohne Umweltgefährdung aus dem Lösebehälter entnommen und anschließend in bekannter Weise zu hochwertigen Recycling-Rohstoffen wie z. B. Kupfer, Zinn, Blei, Aluminium/Leichtmetall, Eisen, aufgearbeitet werden können.

— die in der aus dem Lösebehälter abgelassenen Dispersion aus Lösemittel, Polymeren und ggf. löslichen Zuschlagstoffen noch enthaltenen Partikeln, insbesondere die stark färbenden

den dunklen Farbpigmente, in einem mechanischen Trennprozeß, wie Filtern, Zentrifugieren, Ultrafiltration von der homogenen Lösung abgetrennt werden.

— die in dem zuvor beschriebenen Schritt aus der Lösung abgetrennten Suspensionsteilchen durch einen ggf. mehrstufigen Wasch- und Trocken-Vorgang soweit von Lösemittel- und Polymerresten befreit werden, daß sie zu einem im Vergleich zum Einsatz einfacher zu entsorgenden Abfall werden, da dieser Abfall dann frei von (Schwer-)Metallen und löslichen (chlorierten) Kohlenwasserstoffen ist:

— die in dem Lösemittel gelösten Polymere, insbesondere thermoplastische (Chlor-)Kohlenwasserstoffe, durch ggf. mehrstufige Zugabe von nur soviel Fällungsmitteln, daß keine oder nur möglichst wenig der ggf. mitgelösten anderen Komponenten mit ausfallen, in an sich bekannter Weise in eine Suspension überführt werden.

— die so gefällten Polymere mechanisch, z. B. durch Filtern und/oder Zentrifugieren, aus dem (homogenen) Gemisch aus Lösungs- und Fällungsmittel abgetrennt werden.

— die so abgetrennte Polymerdispersion durch einen ggf. mehrstufigen Wasch- und Trockenprozeß in einen von anorganischen Zuschlagstoffen und Farbpigmenten freien sowie auch von löslichen Zuschlags- und Farbstoffen stark abgereicherten recyclingfähigen Polymer-Rohrstoff überführt wird,

— aus dem dann verbleibenden Flüssigkeitsgemisch aus Lösungs- und Fällmittel und den darin gelösten Komponenten das Lösemittel und das Fällmittel in bekannter Weise, z. B. durch mehrstufige Destillation/Rektifikation, von der als Hochsieder verbleibenden Phase abgetrennt und zum erneuten Lösen/Fällen im Kreislauf geführt werden, und

— je nach Zusammensetzung dieser Hochsieder-Phase diese als farbarne und recyclingfähige Weichmacher-Phase weiterverwertet wird oder daß sie als Metall- und Chlorkohlenwasserstoff-freier Rückstand und daher mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand einer Endbehandlung zugeführt wird, z. B. einer thermischen Zersetzung.

2. Eine bevorzugte Verfahrensweise nach Anspruch 1 ist dadurch gekennzeichnet, daß als organisches Lösemittel ein mit Wasser möglichst in jedem Verhältnis mischbarer Stoff bzw. ein solches Lösemittelgemisch verwendet wird, z. B. Tetrahydrofuran, so daß sowohl zum Nachreinigen der stückigen Metallteile wie auch der aus dem Lösemittel-Polymergemisch mechanisch abgetrennten, überwiegend aus anorganischen Zuschlagstoffen und aus Farbpigmenten bestehenden Suspension und ferner zum Fällen des Polymers sowie auch zum Nachreinigen des gefällten und abgetrennten Polymerisats Wasser verwendet werden kann, was insbesondere hinsichtlich der zunehmenden strengen ökologischen Forderungen Vorteile bietet.

3. Eine besonders bevorzugte Verfahrensweise nach Anspruch 1 ist dadurch gekennzeichnet, daß als Lösemittel ein mit Wasser in jedem Verhältnis mischbarer Stoff, wie z. B. Tetrahydrofuran und daß zum selektiven Fällen der gelösten Polymere

eine Chemikalie bzw. eine Mischung solcher Komponenten verwendet wird, die zumindest teilweise mit Wasser mischbar ist, die jedoch zugleich noch ein Lösevermittler für die Stoffe, wie Weichmacher, gelöste Farben, ist, die nicht mit den Polymeren ausfallen sollten, z. B. reine Alkohole oder deren Gemische.

4. Eine bevorzugte Apparatur zur Durchführung der Teilschritte:

— Lösen des Polymers und der löslichen Zuschlagstoffe;

— Dispergieren der Zuschlagstoffe in dem Lösungsgemisch;

— Ablassen der Dispersion von den stückigen Metallteilen;

— ggf. mehrstufiges Abwaschen der Lösemittel- und Dispersionsreste von den Metallteilen und

— Trocknen der reinen Metallteile

ist dadurch gekennzeichnet, daß in einem liegenden, zylindrischen Behälter mit Beheizmöglichkeit durch die Wand

— eine an sich bekannte coaxiale Rührwelle mit Rührschaufeln angeordnet ist, die bei einer Drehrichtung die fertig behandelten Metallteile zu einer Ausschuböffnung mit einem mit der Zylinderwand möglichst bündigen Verschuß unten an einem Ende des Behälters fördern und deren Antrieb ferner durch einen ständigen Wechsel der Drehrichtung mit einem Drehwinkel von  $\sim 180^\circ$  ermöglicht,

— daß unten bez. oben am Behälter weitere Öffnungen/Stutzen, jeweils mit Verschuß, angebracht sind, um

— durch eine größere Öffnung den zu behandelnden stückigen Schrott von oben einzufüllen,

— durch ein grobes Sieb mit Anschlußstutzen für mehrere Abgänge, das unten bündig im Zylinder angebracht ist und dessen Maschenweite so eng ist, daß nur die Metallteile zurückgehalten werden, nacheinander die Lösemittel-/Polymerdispersion und die Flüssigkeit der folgenden Spülgänge abzulassen,

— durch einen Stutzen im Deckel die beim Trockenvorgang entstehenden Brüden abziehen und ggf. anschließend zu kondensieren.

5. Eine vorteilhafte Verfahrensweise zur gleichzeitig beschleunigten und umweltfreundlichen Durchführung der Verfahrensschritte Auflösen/Dispergieren der Nichtmetalle, Abspülen dispergierter Reststoffe und anhaftender Lösemittel-Polymerlösungen von den Metallstücken und Trocknen der Metallstücke in der in Anspruch 4 beschriebenen Apparatur ist dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Einfüllen des vorgereinigten stückigen Schrotts das Lösemittel vorgewärmt, bevorzugt bis nahe der Siedetemperatur, zugegeben und/oder daß der Behälter während des Löse-/Dispergiervorgangs beheizt wird, wobei die dabei ggf. entstehenden Brüden in einem Kondensator niedergeschlagen und wieder in den Behälter zurückgegeben werden, und daß ferner der Behälter erst dann geöffnet wird, z. B. zum Herausschieben der von allen Anhaftungen befreiten, trockenen Metallteile, nachdem alle Lösemittelreste abgedunstet worden sind, so daß während des Gesamtprozesses keine

umweltschädigenden Lösemitteldämpfe in die Umgebung gelangen können.

6. Eine Verfahrensvariante nach Ansprüchen 1-3 ist zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit dadurch gekennzeichnet, daß die zum Abspülen der an den Metallteilen nach dem Ablassen der (ersten) Lösemittel-Polymer-Dispersion aus dem Lösebehälter noch anhaftenden, nichtmetallischen Rückstände verwendete Lösung als Lösemittel für den (ersten) Löse-/Dispergierschritt der darauffolgenden Charge bzw. in einem anderen Lösebehälter benutzt wird und/oder daß bei einem mehrstufigen Spülverfahren die Lösemittel- und Spüllösungen im taktweisen Gegenstrom zu den Metallstücken geführt werden.

7. Eine Verfahrensvariante zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Senkung des Aufwandes bei der Aufarbeitung ist dadurch gekennzeichnet, daß für den Löse- und Dispergierprozeß mehr Lösemittel eingesetzt wird, als nur zum Lösen/Dispergieren erforderlich ist, wodurch die Lösevorgänge und auch der mechanische Vorgang des Abtrennens der dispergierten Partikel erheblich beschleunigt wird, und daß vor der Zugabe des Fällungsmittels zum Ausfällen der gelösten Polymere die überschüssige Lösemittelmenge wieder aus dem Gemisch entfernt wird, bevorzugt durch Eindampfen.

8. Eine Verfahrensvariante zur Verbesserung der Farbqualität des ausgefällten Polymeren und/oder der (recycling-fähigen) Weichmacherphase ist dadurch gekennzeichnet, daß die Lösung aus Lösemittel, Polymeren und Weichmachern vor oder nach dem mechanischen Abtrennen der suspendierten Partikel, aber vor dem Füllen der Polymere, noch adsorptiv, zur Einsparung von Adsorbensmitteln bevorzugt mehrstufig mit Gegenstrom des Adsorbens, nachgereinigt wird, z. B. mit Aktivkohle.

9. Eine Verfahrensvariante zum Gewinnen einer recycling-fähigen Weichmacherphase nach dem selektiven Füllen der Polymerphase entsprechend Anspruch 3 ist dadurch gekennzeichnet, daß die Weichmacherphase nach dem mechanischen Abtrennen der zuvor ausgefällten Polymerphase gefällt, bevorzugt mit Wasser, und dann in bekannter Weise mechanisch abgetrennt, (ggf. mehrstufig) gewaschen und getrocknet wird.